

Selvitys pyrolyysitiseiden käyttöön lietteen hapotuksessa ja biostimulanttina liittyvistä viranomaisvaatimuksista ja hyväksyttämispoluista

Sisällys

Johdanto.....	2
Pyrolyysitiseiden potentiaaliset käyttökohteet maataloudessa	2
Pyrolyysineste lietelannan hapotuksessa.....	2
Pyrolyysituotteiden kaupallistaminen edellyttää REACH-kemikaalirekisteröintiä	3
REACH –asetus.....	4
Aineen identiteetin tunnistaminen	4
Pyrolyysinesteen REACH-esirekisteröinti on jo tehty.....	5
Pyrolyysinesteen varsinainen REACH-rekisteröinti	7
Pyrolyysinesteen sisältämät PAH-yhdisteet	8
Muu lainsäädäntö.....	8
Pyrolyysinesteen biostimulanttikäyttöä koskeva lainsäädäntö.....	10
EU:n lannoitevalmisteasetus (2019/1009)	10
Suomen lannoitelaki 711/2022	15
Lähdeviitteitä	17
Lait ja asetukset	18

Jokioinen 30.8.2024

Pentti Ruuttunen

Luke Jokioinen

Tietotie 4, 31600 Jokioinen

pentti.ruuttunen@luke.fi, p. 040 554 2374



Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
PL 2, 00791 Helsinki

Puhelin 029 532 6000
Y-tunnus 0244629-2

luke.fi

Johdanto

Tämä selvitys on tehty Luonnonvarakeskuksessa Bioenergia ry:n tilauksesta vuonna 2024. Selvityksen tavoitteena oli koota askelmerkit pyrolyysitiseiden kaupallistamiseen vaadittavista viranomaisvaatimuksista ja hyväksyttämispoluista eri tarkoituksiin EU:ssa ja Suomessa. Tilaajan toivomuksesta selvitys keskittyy erityisesti pyrolyysitiseiden käyttöön lietteen hapotuksessa ja käyttöön kasvibiostimulanttina. Selvitys perustuu suurelta osin aiemmin tehtyihin suomalaisiin tutkimuksiin ja selvityksiin, joita on tarkennettu viranomaiskyselyillä ja muulla tiedonhauella.

Pyrolyysitiseiden potentiaaliset käyttökohteet maataloudessa

Pyrolyysitiseillä on jo aiemmin todettu mahdollisia käyttökohteita muun muassa tuholaisten karkotteena ja rikkakasvihävitteenä (Hagner 2013, Hagner ym. 2018, Hagner ym. 2024). EU:n tiukat rekisteröinti- ja tutkimusvaatimukset näihin käyttökohteisiin on kuitenkin katsottu toistaiseksi ylipääsemättömän vaativiksi alan toimijoille. Mm. monissa Aasian maissa, Australiassa ja Uudessa Seelannissa pyrolyysitiseiden käyttö kasvinsuojelutarkoituksiin on kuitenkin sallittua ja kaupallisia tuotteita on siellä markkinoilla (Joseph & Taylor 2024).

Suomalaisten tutkimusten mukaan pyrolyysituotteet näyttävät kuitenkin soveltuvan myös lietelannan hapotukseen, vähentäen lietteen sisältämän typen hävikkiä (Hagner ym. 2019, Keskinen ym. 2018, Peltonen ym. 2020). Pyrolyysitiseen vesiliukoisen fraktiolla, jota myös puuetikaksi (wood vinegar) kutsutaan, on lisäksi pieninä pitoisuuksina käytettynä havaittu viljelykasvien kasvua edistäviä vaikutuksia (Zhu ym. 2021, Hagner 2024). Pyrolyysitiseiden kaupallistamisen viranomaisvaatimukset lietteen hapotukseen ja biostimulanttikäyttöön arvioidaan vähemmän vaativiksi kuin aiemmin mainittuihin kasvinsuojelutarkoituksiin, minkä vuoksi myös tämä selvitys keskittyy lietteen hapotukseen ja biostimulanttikäyttöön.

Pyrolyysineste lietelannan hapotuksessa

Rikkihappo on tehokas aine lietelannan pH:n alentamiseen, mutta sen käsittely vaatii huolellisuutta ja asianmukaista suojarustusta. Rikkihapon korvaaminen biomassojen pyrolyysissä muodostuvalla, heikkoja orgaanisia happoja sisältävällä pyrolyysinesteellä on laboratoriomittakaavassa lupaavaksi todettu vaihtoehto, joka parantaa happokäsittelyn työturvallisuutta ja ekologisuutta, ja mahdollisesti myös pienentää kustannuksia. Tämä toisi kaivatun käyttökohteen nestejakeelle, ja lisäisi siten pyrolyysiprosessin kannattavuutta. (Peltonen ym. 2020).

Ns. Pysti-selvityksessä Hagner ym. (2019) kuvaavat pyrolyysinesteen käyttöä ja ominaisuuksia lietelannan hapotuksessa PYSTI-selvityksessä seuraavasti: Pyrolyysissä syntyvä nestefraktio voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: tervamaiseen veteen liukenemattomaan sekä vesiliukoiseen osaan. Tervamainen osa sisältää mm. PAH-yhdisteitä (polysykliset aromaattiset hiilivedyt), joiden lisääminen maaperään ei ole tarkoituksenmukaista. Näin ollen lietelannan happokäsittelyssä tultaisiin käyttämään vain vesiliukoista osaa, joka sisältää veden (60–80 %)

lisäksi satoja muita yhdisteitä. Nesteen vesi on peräisin osin raaka-aineen sisältämästä vedestä (riippuu kuiva-ainepitoisuudesta) ja osin orgaanisten yhdisteiden muuntumisen seurauksena muodostuvasta vedestä. Vesiliukoinen osa muodostuu pyrolyysiprosessin aikana alle 280 °C lämpötilassa ja voidaan ottaa talteen joko pyrolyysiprosessin aikana (Keskinen ym. 2018) tai myöhemmin laskeuttamalla tervamainen osa (Fagernäs ym. 2012). Nesteen konsentroidin (veden poistamisen) mahdollisuutta tulee selvittää (ks. esim. Vitasari ym. 2015), jotta hapotuksessa käytettävät lisäsmäärät saadaan mahdollisimman vähäisiksi. Suurin osa nesteen orgaanisesta fraktiosta on tyypillisesti etikkahappoa (4–20 %). Muita pääkomponentteja ovat mm. metanoli, hydroksiasetoni, muurahaishappo ja furfuraali (Fagernäs ym. 2012, Hagner ym. 2018) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Yleisimpien haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksia (mg l⁻¹) eri raaka-aineista hitaalla pyrolyysillä valmistetuissa nesteissä (muokattu Hagner ym. 2018).

Yhdiste	Männyn kuori	Metsähake	Vehnän olki	Paju
Furaani	70	140	200	30
Metanoli	17300	21000	15000	20100
Etanoli	150	170	100	140
2-Propanoli	940	330	150	100
Asetaldehydi	750	1050	880	330
Glykoliaaldehydi	690	1020	1500	1020
Furfuraali	3230	1270	530	1170
5-Metyylifurfuraali	1560	680	160	790
2-Asetyyli Furaani	310	260	330	490
Asetoni	870	760	550	330
Hydroksiasetoni	8200	14900	18600	14700
2-Butanoni	330	520	760	330
1-Hydroksi-2-butanoni	1270	2980	11300	5580
Muurahaishappo	4300	7000	4600	5300
Etikkahappo	43900	66800	84400	162000
Propionihappo	2800	3690	9560	5470

Pyrolyysituotteiden kaupallistaminen edellyttää REACH-kemikaalirekisteröintiä

Kun kierrätyksen tai muun hyödyntämistoimen jälkeen syntyy aineita sellaisenaan, seoksissa tai esineissä, jotka eivät enää ole jätettä, koskee aineita REACH- ja CLP-asetuksien velvoitteet. Aineet täytyy rekisteröidä, jos niiden valmistus- tai maahantuontimäärä on vähintään 1 tonni vuodessa valmistajaa tai maahantuojaa kohti. Ennen rekisteröintiä yrityksen kannattaa aina selvittää, koskeeko ainetta vapautus tai poikkeus, jonka perusteella ainetta ei tarvitse rekisteröidä (Tukes 2024). Tukesin mukaan pyrolyysitilaisiin ei kuitenkaan voida soveltaa

poikkeusmenettelyjä. Erityisesti pyrolyysiprosessin tuloksena syntyneitä tuotteita koskien Tukes on kommentoinut seuraavasti

(<https://tukes.fi/kemikaalit/reach/soveltamisala/poikkeukset-ryhmittain>):

Kokonaisiin eläviin tai käsittelemättömiin kuolleisiin organismeihin tai niiden osiin (esim. oksat, lehdet, kukat jne.) sellaisenaan ei sovelleta REACH-asetusta, mutta niistä valmistettuihin aineisiin sovelletaan. Myöskään lantaa ei pidetä REACH-asetuksen mukaisena aineena tai seoksena. Tietyt luonnossa esiintyvät tai luonnon lähteistä saadut aineet puolestaan ovat vapautettuja REACH-rekisteröinnistä, jos niitä ei muuteta kemiallisesti.

Biohiilen valmistuksessa käytetty prosessi, kuten pyrolyysi, muuttaa raaka-aineesta huolimatta sen kemiallista koostumusta (eikä esim. poista vain vettä) ja prosessin tuloksena syntyvä aine, kuten biohiili tai pyrolyysiöljy, kuuluu REACH-asetuksen soveltamisalaan ja on siten rekisteröitävä.

Lietelannan hapotukseen käytettävät aineet eivät sen sijaan ole lannoitelain eivätkä EU:n lannoitevalmisteasetuksen mukaisia lannoitevalmisteita. Näiden valmistamista ja kauppaa koskevat yleiset kemikaaleja koskevat vaatimukset eli erityisesti REACH-asetus (Ruokavirasto 2024).

REACH –asetus

Aineiden markkinoille saattamista Euroopan unionin alueella koskee moni säädös, joista oleellisin on REACH-asetus (EC 1907/2006) (Hagner ym. 2019). REACH-asetuksessa säädetään kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista sekä tiedottamisesta toimitusketjussa. REACH tulee sanoista Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals. Valmistajan, joka valmistaa ainetta - joko sellaisenaan tai yhdessä tai useammassa valmisteessa - vuodessa yhden tonnin tai enemmän, on toimitettava rekisteröinti Euroopan kemikaalivirastolle (ECHA). Jos rekisteröitävää ainetta on vähintään 10 tonnia vuodessa rekisteröijää kohden, on suoritettava ja laadittava kemikaaliturvallisuusarviointi ja -raportti. Jos kyseessä on seos, täytyy seoksen sisältämät aineet rekisteröidä erikseen. Koostumukseltaan tuntemattomat tai vaihtelevat aineet, kompleksiset reaktiotuotteet tai biologiset materiaalit luokitellaan ja rekisteröidään ns. UVCB-aineina (unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials). REACH-asetuksen periaatteena on, että jokainen aine rekisteröidään vain kerran, jolloin saman aineen valmistajien ja maahantuojien on toimitettava yksi yhteinen rekisteröintiasiakirja. Tietojen jakaminen on valmistajien ja maahantuojien perusvelvollisuus, näin voidaan alentaa kustannuksia ja välttää erityisesti selkärankaisilla eläimillä tehtävää tarpeetonta testaamista.

Aineen identiteetin tunnistaminen

Aineen käyttö ja markkinoille saattaminen voidaan hyväksyä, kun sen hyväksyminen ja rekisteröinti on tehty. Vasta tämän jälkeen on tuotteen kaupallinen vienti mahdollista myös EU:n ulkopuolelle. REACH-rekisteröintiprosessi alkaa aineen yksilöimisellä. Aine määritellään REACH-asetuksen 3 artiklassa seuraavasti:

”Aineella tarkoitetaan alkuainetta ja sen yhdisteitä sellaisina kuin ne esiintyvät luonnossa tai millä tahansa valmistusmenetelmällä tuotettuina, mukaan luettuna aineen pysyvyyden säilyttämiseksi tarvittavat lisäaineet ja valmistusprosessista johtuvat epäpuhtaudet, mutta lukuun ottamatta liuot-timia, jotka voidaan erottaa vaikuttamatta aineen pysyvyyteen tai muuttamatta sen koostumusta.”

REACH-asetuksen mukaan aine voi sisältää yhden tai useamman pääainesosan, epäpuhtauksia ja lisäaineita. Pääainesosa muodostaa huomattavan osan kyseistä ainetta ja sitä käytetään aineen yksilöimisessä ja nimeämisessä. Epäpuhtauksia ovat kaikki esimerkiksi lähtömateriaalista tai valmistusprosessista peräisin olevat tahattomat aineosat. Lisäaineita ovat kaikki aineet, joita lisätään tarkoituksellisesti stabiloimaan ainetta. Seos taas koostuu useista eri aineista. Aineen valmistajan on yksilöitävä jokainen seoksen yksittäinen ainesosa ja tarvittaessa rekisteröitävä ne REACH-asetuksen mukaisesti.

Aineet voidaan jakaa kahteen pääryhmään: tarkoin määriteltyihin aineisiin ja ns. UVCB-aineisiin. Tarkoin määritellyt aineet voidaan määritellä määrällisesti ja laadullisesti, eli rekisteröijä pystyy antamaan ainesosista kemiallisen määritelmän ja yksilöimään kaikki ainesosat, jotka kattavat koostumuksen 100 prosenttisesti. Jos aineosien lukumäärä on suuri, koostumus on osittain tuntematon tai koostumus vaihtelee, yksilöimistä ei voida tehdä vain kemiallisen koostumuksen perusteella.

Tällöin kyseessä on ns. UVCB-aine, joita on neljä päälajia:

1. UVCB:n alalaji 1, jossa alkuperä on biologinen ja prosessi on synteesi. Biologista materiaalia muokataan (bio)kemiallisilla prosesseilla siten, että saadaan uusia ainesosia.
2. UVCB:n alalaji 2, jossa alkuperä on kemiallinen tai mineraalinen, ja uusia molekyyliä syntetisoidaan (bio)kemiallisilla reaktioilla.
3. UVCB:n alalaji 3, jossa alkuperä on biologinen ja prosessi on jalostus, ja uusia molekyyliä luodaan tarkoituksellisesti.
4. UVCB:n alalaji 4, jossa alkuperä on kemiallinen tai mineraalinen ja prosessi on jalostus ilman tarkoituksellisia kemiallisia reaktioita.

Pyrolyysineste on luokiteltavissa UVCB -aineiden 1. alalajiin.

Pyrolyysinesteen REACH-esirekisteröinti on jo tehty

Edellä kuvattu REACH- rekisteröinti ja hyväksyminen tulee tehdä ennen tuotteen valmistamista. Kasvipöyräinen pyrolyysineste on aiemmin esirekisteröity REACH-asetuksen mukaisesti, mutta yksikään yritys ei ole ryhtynyt konsortion vetäjäksi, joten varsinainen rekisteröinti on tekemättä (Hagner ym. 2019).

Pyrolyysinesteen esirekisteröinti toteutettiin Tekesin BioRefine – Uudet biomassatuotteet -ohjelmassa vuosina 2008–2011 VTT:n, MTT:n ja Helsingin yliopiston kesken (Fagnäs ym. 2012). Ohjelmassa selvitettiin tuotteiden kaupallistamiseen vaadittavat EU-lainsäädännön

luvut ja rekisteröinnit ja osallistuvien yritysten hiili- ja nestetuotteille tehtiin REACH-esirekisteröinti sekä muita REACH-rekisteröintiin liittyviä toimenpiteitä. Esirekisteröinnin yhteydessä projektiin osallistuville hiilen- ja tisleentuottajille avattiin tili Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) REACH-IT-portaaliin, jonne ilmoitettiin myös mahdollisesti tulevaisuudessa valmistettavat aineet.

Esirekisteröineet yritykset olivat

- Biopuisto Oy
- Charcoal Finland Oy
- Osikonmäen Tila Oy
- Pirtamo Oy
- Raussin Energia Oy
- Rytbyn Hiili
- Sarkaniemen Hiilitila
- Tisle Suomi Oy
- T:mi Kaarlo Impola (Impolan Hiilitila)

Esirekisteröidyt aineet EINECS-numeroineen olivat seuraavat:

- pyroligneous acids (232-450-0);
- pyroligneous acids, aq. phase (300-268-1)
- pyroligneous acids, reaction products with ET alc. distillates (232-449-5)
- wood, hydrolyzed (302-678-6)
- distillates, woodtar (295-321-8)
- distillates (peat tar) (302-628-3)
- tar, wood (294-436-0)
- tar, softwood (307-057-3)
- tar, pine (232-374-8)
- tar oils (232-305-1)
- charcoal, activated (264-846-4)
- charcoal (240-383-3)
- charcoal, plant, ext. (307-008-6)

Esirekisteröineet yritykset ovat siten jäseniä kyseisten esirekisteröityjen aineiden SIEF-ryhmissä. Pakollinen esirekisteröinti tehtiin ennen määräaika (1.12.2008) ja vastaavat esirekisteröintinumero saatiin kemikaalivirastosta. Esirekisteröintinumero antaa valmistajille oikeuden valmistaa ja markkinoida kyseisiä aineita sellaisinaan tai seoksissa, kunnes varsinainen rekisteröintiasiakirja on luovutettu kemikaaliviraston tietojärjestelmään ja hyväksytty tai kunnes kyseisen aineen rekisteröintimääräaika umpeutuu.

REACH-IT-portaaliin (<http://reach-it.echa.europa.eu/>) sivuille pääsee käyttäjätunnuksella ja salasanalla, jotka määritettiin järjestelmään esirekisteröinnin yhteydessä. Tarkempia ohjeita rekisteröinnissä etenemiseen saa ECHA:n sivuilta <https://www.echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals>. Sieltä on haettavissa ja tulostettavissa mm. yksityiskohtainen, suomenkielinen pdf-muotoinen **Rekisteröintiohjeet-opas (ECHA 2021)**.

Myös ilman käyttäjätunnusta voi hakea esirekisteröityjen aineiden tiedot EINECS-numeron avulla ECHA:n sivuilta <https://www.echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals>.

Pyrolyysinesteen käyttö lietalannan happokäsittelyssä vaatii REACH -rekisteröinnin. Suomen toimivaltaisen REACH -viranomaisen (Tukes, suullinen tiedonanto 22.11.2018) mukaan: *"REACH-asetuksen liitteen V kahdeksannen kohdan mukaan luonnossa esiintyvät aineet kuten puu- tai kasviaines (tai niistä saadut tuotteet) ovat sellaisenaan vapautettuja REACH-asetuksen mukaisesta rekisteröintivelvoitteesta. Kolmannen artiklan kohdassa 39 kuitenkin täsmennetään, että luonnossa esiintyvällä aineella tarkoitetaan luonnonainetta sellaisenaan, käsittelemättömänä tai käsiteltynä ainoastaan manuaalisin, mekaanisin tai painovoimaan perustuvien menetelmien liuottamalla veteen, vaahdottamalla, erottamalla veden avulla, höyrytislauksella tai lämmittämällä ainoastaan veden poistamiseksi, tai joka erotetaan ilmasta mitä tahansa menetelmää käyttäen. Täten pyrolyysiprosessissa syntynyt tuote, kuten biohiili tai pyrolyysiöljy, kuuluu REACH-asetuksen mukaisen rekisteröintivelvoitteen piiriin."*

Pyrolyysinesteen varsinainen REACH-rekisteröinti

PYSTI-selvityksessä Hagner ym. (2019) suosittelevat uuden kansainvälisen konsortion perustamista pyrolyysinesteen REACH -rekisteröinnin eteenpäin viemiseksi. Pyrolyysinesteen rekisteröimiseksi tulee aloittaa keskustelu vaadittavista tiedoista ja tietojen saatavuudesta tietojenvaihtofoorumissa (SIEF:ssä), joka aineelle on esirekisteröinnin yhteydessä perustettu. Rekisteröitäessä toimitetaan kaikki mahdollinen saatavilla oleva tieto koskien fysikaaliskemiallisia, toksikologisia ja ekotoksikologisia tietoja Euroopan kemikaalivirastolle. Koska esirekisteröinti on tehty yli 10 vuotta sitten, on pyrolyysinesteeseen liittyvä tutkimus lisääntynyt paljon, joten olemassa olevaa aineistoa kannattaa täydentää uusilla tutkimustuloksilla ennen testausehdotusten jättämistä. Saatavilla olevia tietoja on verrattava REACH-asetuksen vaatimuksiin: elleivät tiedot riitä REACH-asetuksen vaatimusten täyttämiseen, on lisäksi toimitettava testausehdotus. Aineisto toimitetaan sähköisenä rekisteröintiaineistona. Lisätietoja rekisteröinnissä etenemiseen saa ECHA:n sivuilta mm. Rekisteröintiohjeet-oppaasta (ECHA 2021).

Suurin haaste rekisteröinnin ja käytön kannalta on pyrolyysinesteen kemiallisen koostumuksen vaihtelu. Koska käytettävä pyrolyysineste ei ole koostumukseltaan aina tasalaatuista (vaihtelee tuotantoprosessin ja raaka-aineen ominaisuuksien mukaan), ei valmisteen kemiallista koostumusta voida pitävästi ja tasalaatuisesti vakioida. Etenemisen kannalta on suositeltavaa määrittää rekisteröitävän pyrolyysinesteen tarkka koostumus ja sen jälkeen rekisteröidä aine UVCB-aineena, jolloin sallitaan tietty vaihtelu sen koostumuksessa.

Erityisesti furfuraali ja polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) voivat olla käyttöä rajoittavia tekijöitä, varsinkin, jos niiden määrä lopputuotteessa on merkittävä. Hagner (2013) selvitti pyrolyysinesteen maaperävaikutuksia ja totesi yhteenvedossaan pyrolyysinesteen käytön ympäristövaikutuksien olevan merkityksettömiä, kun nesteen käyttömäärät pysyvät alle 400 kg/ha. Lietalannan hapotuksessa käytettävän pyrolyysinesteen vesiliukoisen fraktion PAH-pitoisuus on hyvin (Hagner ym. 2018, Keskinen ym. 2018) pieni verrattuna Hagner (2013) käyttämän nesteen pitoisuuksiin. Oletettavasti haitattomat lisäysmäärät voisivat siten olla huomattavasti suurempia. Myös muualla tehdyissä tutkimuksissa pyrolyysinesteen pääkomponenttien on aiemmin todettu hajoavan maaperässä nopeasti ja

kokonaisuudessaan pyrolyysinesteen on todettu olevan helposti hajoavaa (28 vrk:ssa noin 60 %) (Hagner 2013, Campisi ym. 2016).

Ruokavirastolta saadun tiedon mukaan lannan happokäsittely rikkihapolla tai pyrolyysinesteellä ei tee lannasta lannoitevalmistetta, jota säänneltäisiin kansallisella lannoitevalmistelailloilla tai –asetuksella. Tämä pätee vain, jos voidaan katsoa, että kyseessä on käsittelyn jälkeen edelleen lanta (Ruokavirasto 2019c). Pyrolyysinesteen lisäyksellä ei myöskään saa aiheuttaa haittaa ympäristölle.

Pyrolyysinesteen sisältämät PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet ovat kahdesta tai useammasta fuusioituneesta aromaattisesta renkaasta koostuvia, tasomaisia hiilivety-yhdisteitä, joita muodostuu orgaanisen materiaalin epätäydellisessä palamisessa. PAH-yhdisteiden määrään voidaan vaikuttaa pyrolyysimentelmän ja olosuhteiden valinnalla, ottamalla nestefraktio talteen ennen korkeita lämpötiloja (<280 °C) tai jakeistamalla neste jälkikäteen tervapitoiseen ja vesiliukoiseen (happojae) fraktioon. Hagner ym. (2018) julkaisemassa tutkimuksessa käytettyjen lämpötilaseparoitujen pyrolyysinesteiden (=vesiliukoinen osa/happojae) PAH-pitoisuudet olivat kaikissa nesteissä alle 0,1 mg/kg. Luonnonvarakeskuksen muissa viimeaikaisissa vielä julkaisemattomissa tutkimuksissa pyrolyysinesteiden vesiliukoisten fraktioiden PAH-pitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 0,1–5,0 mg/kg. EU:n lannoitevalmisteasetuksessa lannoitevalmisteiden PAH-yhdisteiden raja-arvoksi on asetettu 6 mg/kg kuiva-ainetta.

Mikäli oletetaan, että pyrolyysineste sisältää PAH-yhdisteitä 5 mg/kg ja lisäysmäärä on 50 kg/1000 kg lietettä, on lopullisen säiliössä olevan lietteen PAH-pitoisuus maksimissaan 0,25 mg/kg (50 kg * 5 mg/kg: 1000 kg). Lietteen lisäysmäärän ollessa 30 tonnia per hehtaari ja sekoittumissyvyys 10 cm (= noin 1 500 000 kg peltomaata/ha) on lopullinen pyrolyysinesteen pitoisuus maassa noin 0,005 mg/kg (30 000 kg * 0,25 mg/kg: 1 500 000 kg).

Muu lainsäädäntö

Lisäksi pyrolyysinesteen kuljetusta koskee todennäköisesti mm. CLP –asetus ja EU:n direktiivi 2008/68 vaarallisten aineiden sisämaankuljetuksista (ns. ”vak-laki”) (Euroopan komissio 2019).

Luokitus-, merkintä- ja pakkaamissäännöt koskevat vaaralliseksi luokiteltuja kemikaaleja. EU-maissa myytävien tai muuten jaettavien aineiden ja seosten luokituksista ovat vastuussa valmistajat, maahantuojat ja jatkokäyttäjät, joiden tulee tehdä aineelle luokitus CLP-asetuksen mukaisesti ja ilmoittaa luokituksista Euroopan kemikaalivirastoon. Mikäli aineelle olisi tehty luokitus jo REACH-rekisteröinnin yhteydessä, ei uutta luokittelua tarvita vaan REACH-rekisteröinnin yhteydessä tuotettavat tiedot riittävät CLP-luokituksen tekemiseen.

Pysti-selvitykseen (Hagner ym. 2019) haetun Ruokaviraston tulkinnan mukaan lannan happokäsittely rikkihapolla tai pyrolyysinesteellä tai biohiilen käyttö lietalannan katemateriaalina ei tee lannasta lannoitevalmistetta, jota säänneltäisiin kansallisella lannoitevalmistelailloilla tai –asetuksella. Tulkinnassa keskeistä on, voidaanko pyrolyysinesteen

tai biohiilen lisäyksen jälkeen edelleen katsoa kyseessä olevan lanta vai, onko lannasta valmistettu uusi tuote. Mikäli biohiiltä markkinoidaan esimerkiksi maanparannusaineena tai pyrolyysinestettä ravinnelähteenä, ne kuuluvat yllä mainitun lainsäädännön piiriin.

Pyrolyysinesteen biostimulanttikäyttöä koskeva lainsäädäntö

Pyrolyysinesteen käyttökelpoisuutta biostimulanttina tutkitaan Lukessa ja maailmalla tälläkin hetkellä. Mm. Zhu (2021) on osoittanut pyrolyysinesteen parantavan syysrapsin kasvua ja satoa, kun pyrolyysinestettä ruiskutetaan kasvustoon pieninä pitoisuuksina. Hagnerin julkaisemattomissa tutkimuksissa (Hagner 2024) on myös saatu viitteitä, että ruiskutettuna pieninä pitoisuuksina pyrolyysineste voi edistää kasvien kasvua. Luken kenttäkokeissa 2024 tähän yritetään saada vahvistusta kevätiljoilla ja herneellä.

Biostimulantit kuuluvat nykyisin EU:ssa ja Suomessa lannoitelainsäädännön alaisuuteen. 16.7.2022 alkaen EU:n uusi lannoitevalmisteasetus (2019/1009) korvasi asetuksen 2003/2003 kattaa lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat ja biostimulantit sekä edellä mainittujen lannoitevalmisteiden mekaaniset seokset. Siten jatkossa, jos pyrolyysinestettä markkinoidaan biostimulanttina, sen on täytettävä lannoitevalmisteasetuksen vaatimukset.

(<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/lainsaadanto2/>)

Lannoitevalmisteasetus edellyttää käytännössä aina REACH-rekisteröinnin, jos tuotanto on yli yhden tonnin vuodessa.

EU:n lannoitevalmisteasetus (2019/1009)

EU-lannoitevalmisteasetus (2019/1009) tuli voimaan 14.7.2019 ja sen soveltaminen CE-merkittyjen lannoitevalmisteiden valmistuksessa ja markkinoinnissa alkoi 16.7.2022. Soveltamisen alkaessa uusi asetus kumosi asetuksen (EY) N:o 2003/2003. EU-lannoitevalmisteasetus yhdenmukaistaa Euroopan unionin alueella markkinoitavien lannoitevalmisteiden valmistus- ja laatuvaatimukset. Asetuksessa lannoitevalmisteet on jaettu toimintaperusteisiin tuoteluokkiin (PFC) ja niissä sallitut raaka-aineet on määritelty ainesosaluokissa (CMC).

Suomessa markkinoitavia lannoitevalmisteita voi myös jatkossa valmistaa kansallisen lannoitelainsäädännön vaatimusten mukaisesti. Talouden toimija voi päättää, valmistaako kansallisia lannoitevalmisteita vai CE-merkittyjä lannoitevalmisteita. Sama laitos voi myös valmistaa tuotteita sekä kansallisten että EU-lannoiteasetuksen vaatimusten mukaisesti. CE-merkintää saa käyttää vain tuotteissa, jotka täyttävät EU-asetuksen vaatimukset.

EU-lannoitevalmisteasetuksessa 2019/1009 lannoitevalmisteet on jaettu toimintaperusteisiin tuoteluokkiin (PCF), joille on asetettu vaatimukset tuotteiden toiminnolle eli tuotteen käyttötarkoitukselle ja ominaisuuksille. Lisäksi tuoteluokittain on raja-arvot haitallisten metallien ja tautia aiheuttavien mikrobien enimmäismäärille. Tuoteluokkia on yhteensä seitsemän:

1. Lannoite
2. Kalkitusaine

3. Maanparannusaine
4. Kasvualusta
5. Inhibiittori
- 6. Kasvibiostimulantti**
7. Lannoitevalmisteiden mekaaninen seos (blendi)

Haitallisten metallien enimmäispitoisuuksia koskevat raja-arvot on annettu epäorgaanisille ja orgaanisille lannoitteille, kalkitusaineille, maanparannusaineille, kasvualustoille ja **kasvibiostimulanteille**. Haitallisista metalleista on raja-arvot kadmiumille, kromille, arseenille, elohopealle, nikkeliille, lyijylle, kuparille ja sinkille.

Tuoteluokasta 6 Kasvibiostimulantti on säädetty tarkemmin seuraavasti:

1. Kasvibiostimulantti on EU-lannoitevalmiste, jonka toiminto on kiihdyttää kasvin ravinteidenottoa riippumatta tuotteen ravinnesisällöstä ja jonka ainoana tarkoituksena on parantaa yhtä tai useampaa seuraavista kasvin tai kasvin ritsosfääriin ominaisuuksista:

- a) ravinteiden hyväksikäytön tehokkuus,
- b) abioottisen stressin kestävyys,
- c) laatuominaisuudet, tai
- d) maaperään tai ritsosfääriin sitoutuneiden ravinteiden saatavuus.

2. Kasvibiostimulantissa esiintyvät haitalliset aineet eivät saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

- a) kadmium (Cd): 1,5 mg/kg kuiva-ainetta,
- b) kuudenarvoinen kromi (Cr VI): 2 mg/kg kuiva-ainetta,
- c) lyijy (Pb): 120 mg/kg kuiva-ainetta,
- d) elohopea (Hg): 1 mg/kg kuiva-ainetta,
- e) nikkeli (Ni): 50 mg/kg kuiva-ainetta, ja
- f) epäorgaaninen arseeni (As): 40 mg/kg kuiva-ainetta.

3. Kasvibiostimulantin kuparipitoisuus (Cu) ei saa ylittää 600 mg/kg kuiva-ainetta, ja kasvibiostimulantin sinkkipitoisuus (Zn) ei saa ylittää 1 500 mg/kg kuiva-ainetta.

4. Kasvibiostimulantilla on oltava ne vaikutukset, jotka sen tuoteselosteessa siinä mainituille kasveille väitetään olevan.

Lisäksi asetuksessa on määritelty ainesosaluokat (CMC) eli se mistä eri tuoteluokkiin kuuluvat CE-merkityt lannoitevalmisteet saavat koostua sisältäen sallitut raaka-aineet ja käsittelyä vaativien raaka-aineiden osalta vaatimukset käsittelymenetelmille.

Ainesosaluokkia on yhteensä 15:

1. Ensimmäisluokasta koostuvat aineet ja seokset
2. Kasvit, kasvien osat tai kasviuutteet
3. Komposti
4. Tuorekasvimädäte
5. Muu mädäte kuin tuorekasvimädäte
6. Elintarviketeollisuuden sivutuotteet
7. Mikro-organismit
8. Ravinnepolymeerit
9. Muut polymeerit kuin ravinnepolymeerit

10. Eläinperäisistä sivutuotteista johdetut tuotteet, asetus (EY) N:o 1069/2009 (komission käsittelyssä päätepidemäärityiden osalta)
11. Direktiivissä 2008/98/EY tarkoitettavat sivutuotteet
12. Saostuneet fosfaattisuolat ja -johdannaiset (struviitti)
13. Termisesti hapetuksessa muodostuvat materiaalit tai niiden johdannaiset (tuhka ja kuona)
- 14. Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvat materiaalit (biohiili)**
15. Hyödynnetyt erittäin puhtaat aineet

AINESOSALUOKKA (CMC) 14: PYROLYYSSISSA JA KAASUTUKSESSA MUODOSTUVAT MATERIAALIT

1. EU-lannoitevalmiste voi sisältää pyrolyysissa tai kaasutuksessa muodostuvia materiaaleja, jotka on saatu termokemiallisella konversiolla olosuhteissa, joissa hapen määrää on rajoitettu, yhdestä tai useammasta seuraavista syötemateriaaleista:

a) elävät tai kuolleet organismit tai niiden osat käsittelemättöminä tai käsiteltyinä ainoastaan manuaalisin, mekaanisin tai painovoimaan perustuvien menetelmin, liuottamalla veteen, vaahdottamalla, erottamalla veden avulla, höyrytislauksella tai lämmittämällä ainoastaan veden poistamiseksi, tai jotka erotetaan ilmasta mitä tahansa menetelmää käyttäen, lukuun ottamatta seuraavia (²⁶):

yhdyskuntien kotitalousjätejakeesta peräisin olevat materiaalit,

jätevesiliete, teollisuusliete tai ruoppausliete, sekä

asetuksen (EY) N:o 1069/2009 soveltamisalaan kuuluvat eläimistä saatavat sivutuotteet tai niistä johdetut tuotteet;

b) elintarviketeollisuudesta peräisin oleva kasviperäinen jäte sekä ensiömassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvä kuituainetta sisältävä kasviperäinen jäte, jos sitä ei ole muutettu kemiallisesti;

c) direktiivin 2009/28/EY 2 artiklan t alakohdassa tarkoitettavat prosessitähteet, jotka ovat peräisin a, b ja d alakohdassa tarkoitetuista materiaaleista johdetun bioetanolin ja biodieselin tuotannosta;

d) direktiivin 2008/98/EY 3 artiklan 4 kohdassa tarkoitettu biojäte, joka on peräisin biojätteen erilliskeräyksestä jätteiden syntypaikalla, pois lukien asetuksen (EY) N:o 1069/2009 soveltamisalaan kuuluvat eläimistä saatavat sivutuotteet tai niistä johdetut tuotteet; tai

e) pyrolyysissa tai kaasutuksessa käytettävät lisäaineet, jotka ovat tarpeen pyrolyysi- tai kaasutusprosessin tuottavuuden tai ympäristötehokkuuden parantamiseksi, edellyttäen, että kyseisiä lisäaineita kulutetaan tai käytetään kemiallisessa prosessissa ja että kaikkien lisäaineiden kokonaispitoisuus on enintään 25 prosenttia syötemateriaalien tuoreesta aineesta, lukuun ottamatta (²⁶) seuraavia:

a–d alakohdassa tarkoitettavat syötemateriaalit,

direktiivin 2008/98/EY 3 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu jäte,

aineet tai seokset, jotka ovat lakanneet olemasta jätettä yhdessä tai useammassa jäsenvaltiossa direktiivin 2008/98/EY 6 artiklan osaksi kansallista lainsäädäntöä saattavien kansallisten toimenpiteiden nojalla, tai tällaisia aineita sisältävät seokset,

biologisesti hajoamattomat polymeerit, ja

asetuksen (EY) N:o 1069/2009 soveltamisalaan kuuluvat eläimistä saatavat sivutuotteet tai niistä johdetut tuotteet.

EU-lannoitevalmiste saa sisältää pyrolyysissa tai kaasutuksessa muodostuvia materiaaleja, jotka on saatu termokemiallisen konversioprosessin tuloksena mistä tahansa a–e alakohdassa tarkoitetuista syötemateriaaleista tai niiden yhdistelmistä ja jotka on käsitelty manuaalisin, mekaanisin tai painovoimaan perustuvien menetelmin, jakotislaamalla neste-kiinteämenetelmää ja biohajoavia polymeerejä käyttäen, liuottamalla veteen, vaahdottamalla, erottamalla veden avulla, höyrytlauksella tai lämmittämällä ainoastaan veden poistamiseksi, kompostoinnilla tai anaerobisella mädätyksellä.

2. Termokemiallisen konversioprosessin on tapahduttava olosuhteissa, joissa hapen määrää on rajoitettu, siten, että lämpötila reaktorissa nostetaan vähintään 180 °C:seen vähintään kahdeksi sekunniksi.

Pyrolyysi- tai kaasutusreaktoria saa käyttää ainoastaan sellaisten syötemateriaalien käsittelyyn, jotka eivät ole muiden materiaalivirtojen saastuttamia tai jotka muu materiaalivirta on saastuttanut tahattoman yksittäistapauksen seurauksena siten, että niissä on vain häviävän pieniä määriä eksogeenisiä yhdisteitä, pois lukien asetuksen (EY) N:o 1069/2009 soveltamisalaan kuuluvat eläimistä saatavat sivutuotteet tai niistä johdetut tuotteet.

Laitoksessa, jossa pyrolyysi tai kaasutus tapahtuu, on estettävä syöte- ja tuotosmateriaalien fyysinen kosketus termokemiallisen prosessin jälkeen, myös varastoinnin aikana.

3. Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvien materiaalien moolisuhteen on oltava sellainen, että vedyn (H) suhde orgaaniseen hiileen (H/C_{org}) on alle 0,7, ja testit sen toteamiseksi on tehtävä sellaisten materiaalien vedettömälle ja tuhkattomalle osuudelle, joiden koostumuksesta alle 50 prosenttia on orgaanista hiiltä (C_{org}). Niissä saa olla enintään

a) 6 mg PAH₁₆-yhdisteitä (²⁷) / kg kuiva-ainetta,

b) 20 ng WHO:n toksisuusekvivalenttia (²⁸) PCDD/F-yhdisteitä (²⁹) / kg kuiva-ainetta,

c) 0,8 mg ei-dioksiinin kaltaista PCB:tä (³⁰) / kg kuiva-ainetta.

4. Sen estämättä, mitä 1 kohdassa säädetään, EU-lannoitevalmiste saa sisältää pyrolyysissa tai kaasutuksessa muodostuvia materiaaleja, jotka on saatu luokkaan 2 tai 3 kuuluvista aineksista tai niistä johdetuista tuotteista termokemiallisella konversiolla olosuhteissa, joissa hapen määrää ei ole rajoitettu, noudattaen asetuksen (EY) N:o 1069/2009 32 artiklan 1 ja 2 kohdassa säädettyjä edellytyksiä ja mainitun asetuksen 32 artiklan 3 kohdassa tarkoitettuja toimenpiteitä, yksin tai sekoitettuna 1 kohdassa tarkoitettuihin syötemateriaaleihin, jos molemmat seuraavista edellytyksistä täyttyvät:

a) valmistusketjun päätepiste on määritelty asetuksen (EY) N:o 1069/2009 5 artiklan 2 kohdan kolmannen alakohdan mukaisesti;

b) edellä 2 ja 3 kohdassa esitetyt edellytykset täyttyvät.

5. Laitoksessa, jossa pyrolyysi tai kaasutus tapahtuu, 1 ja 4 kohdassa tarkoitettujen syötemateriaalien käsittelyyn käytettyjen tuotantolinjojen on oltava erotettu selkeästi tuotantolinjoista, joilla käsitellään muita syötemateriaaleja.

6. Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvia materiaaleja sisältävässä tai niistä koostuvassa EU-lannoitevalmisteessa

a) saa olla enintään 30 g klooria (Cl⁻) / kg kuiva-ainetta ja

b) enintään 2 mg talliumia (Tl) / kg kuiva-ainetta, mikäli valmisteeseen on lisätty pyrolyysissa tai kaasutuksessa käytettäviä lisäaineita siten, että niitä on yli 5 prosenttia syötemateriaalien tuoreesta aineesta.

7. Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvien materiaalien **on oltava rekisteröityjä asetuksen (EY) N:o 1907/2006 (REACH-asetus) nojalla** asiakirja-aineistoon, joka sisältää:

a) asetuksen (EY) N:o 1907/2006 liitteissä VI, VII ja VIII säädetyt tiedot, ja

b) asetuksen (EY) N:o 1907/2006 14 artiklan mukaisen kemikaaliturvallisuusraportin, joka kattaa käytön lannoitevalmisteena,

jollei niitä nimenomaisesti koske jokin asetuksen (EY) N:o 1907/2006 liitteessä IV tai kyseisen asetuksen liitteessä V olevassa 6, 7, 8 tai 9 kohdassa säädetyistä rekisteröintivelvollisuutta koskevista vapautuksista.

Biostimulantti-tuoteluokkia koskevat sallitut POIKKEAMAT:

TOIMINTOPERUSTEINEN TUOTELUOKKA (PFC) 6: KASVIBIOSTIMULANTIT

Kasvibiostimulantin määrä saa poiketa $\pm 5\%$ ilmoitetusta arvosta.

TOIMINTOPERUSTEINEN TUOTELUOKKA (PFC) 6(A): MIKROBIPOHJAINEN KASVIBIOSTIMULANTTI

Mikro-organismien tosiasiallinen pitoisuus / tosiasialliset pitoisuudet saavat poiketa enintään 15 % ilmoitetusta arvosta / ilmoitetuista arvoista.

TOIMINTOPERUSTEINEN TUOTELUOKKA (PFC) 7: LANNOITEVALMISTEIDEN MEKAANINEN SEOS (BLENDI)

Kun lannoitevalmisteiden mekaaninen seos (blend) sisältää yhden tai useamman toimintoperusteiseen tuoteluokkaan (PFC) 6 kuuluvan kasvibiostimulantin, kunkin kasvibiostimulantin ilmoitettavaan pitoisuuteen sovelletaan seuraavia poikkeamia (ks. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R1009-20220716#toclid83>):

Suomen lannoitelaki 711/2022

Uusi lannoitelaki 711/2022 tuli voimaan 16.7.2022 eli samalla kun uuden EU-lannoitevalmisteasetuksen soveltaminen alkoi. Lakiuudistuksen tarve johtui uuden EU-lannoitevalmisteasetuksen toimeenpanosta sekä kansallisen lainsäädännön kehittämistarpeista. Uudistuksen tavoitteena on yhdenmukaistaa lainsäädäntöä EU-lainsäädännön, tuotelainsäädännön ja elintarvikeketjun muun lainsäädännön kanssa. Lannoitealan toimijan kannalta keskeisiä lannoitevalmisteen valmistamiseen ja markkinoille saattamiseen liittyviä muutoksia on tyyppinimistä luopuminen ja siirtyminen EU-lannoitevalmisteasetuksen kanssa samantapaiseen tuoterakenteeseen. Uudessa tuoterakenteessa lannoitevalmisteet luokitellaan tuoteluokkiin ja lannoitevalmisteen komponentteina ja raaka-aineina käytettävät aineet määritellään ainesosaluokissa ja ainesosina. Tyyppinimien poistuminen antaa nykyistä paremmiin mahdollisuuksiin uusien lannoitevalmisteiden kehittämiseen ja niiden tuomiseen markkinoille.

7 §

Lannoitevalmisteiden tuotevaatimukset

Lannoitevalmisteen on koostuttava yksinomaan sellaisista ainesosista, jotka täyttävät kansallisen lainsäädännön tai lannoitevalmisteasetuksen liitteen II mukaisen ainesosaluokan aineosien yleisiä laatu- ja käsittelykriteereitä koskevat vaatimukset.

Lannoitevalmisteen on lisäksi täytettävä kyseisen lannoitevalmisteen tuoteluokan tai, jos kyseessä on lannoitevalmisteiden seos, tuoteluokkien vaatimukset. Lannoitevalmisteiden kansallisia tuoteluokkia ovat epäorgaaniset lannoitteet, orgaaniset lannoitteet, orgaaniset kivennäislannoitteet, kalkitusaineet, orgaaniset maanparannusaineet, epäorgaaniset maanparannusaineet, kasvualustat, biostimulantit ja lannoitevalmisteiden seokset.

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksella (valmisteilla) annetaan tarkempia säännöksiä kansallisten lannoitevalmisteiden tuoteluokkien laatuvaatimuksista, ainesosaluokista sekä niiden laatu- ja käsittelyvaatimuksista ja lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä.

8 §

Ainesosaluettelo

Ruokavirasto päättää ainesosien sisällyttämisestä ainesosaluetteloon. *Ainesosalla* tarkoitetaan kaikkia aineita, joita käytetään lannoitevalmisteen valmistukseen, lisätään lannoitevalmisteeseen tai muodostuu lannoitevalmisteen valmistuksen yhteydessä.

Epäpuhtauksia ei pidetä ainesosana. Luettelo sisältää tiedot ainesosasta sekä sen alkuperästä, ominaisuuksista ja tuotantoprosessista tai käsittelymenetelmästä.

Uuden ainesosan sisällyttämistä luetteloon haetaan Ruokavirastolta. Hakemuksessa on oltava:

- 1) ehdotus uudesta ainesosasta;
- 2) selvitys 3 momentissa säädettyjen edellytysten täyttymisestä;
- 3) ehdotus soveltuvasta ainesosaluokasta;
- 4) kuvaus alkuperästä;

- 5) kuvaus tuotantoprosessista tai käsittelymenetelmästä;
- 6) selvitys keskeisestä kemiallisesta ja biologisesta koostumuksesta sekä fysikaalisista ominaisuuksista;
- 7) näytteenotto- ja analyysimenetelmät keskeisten ominaisuuksien mittaamiseksi;
- 8) hakijan yhteystiedot.

Kansalliseen lannoitevalmisteiden ainesosaluokkaan voidaan lisätä uusia ainesosia jos:

- 1) niistä valmistettu lannoitevalmiste ei aiheuta riskejä ihmisten, eläinten tai kasvien terveydelle, turvallisuudelle taikka ympäristölle;
- 2) ne parantavat kasvien kasvua tai kasvuolosuhteita taikka lannoitevalmisteen käytettävyyttä.

Ruokavirasto päättää ainesosan poistamisesta ainesosaluettelosta, jos ainesosa ei täytä Euroopan unionin lainsäädännön, kansallisen lainsäädännön tai tämän pykälän 3 momentin mukaisia vaatimuksia taikka ilmenee, että hakemuksessa annetut tiedot ovat olleet virheellisiä tai puutteellisia. Jos hakemuksessa annetut tiedot ovat olleet virheellisiä tai puutteellisia, ainesosan poistamisen sijasta Ruokavirasto voi muuttaa ainesosaluetteloa, jos puute tai virhe on mahdollista korjata. Hakemusmenettelystä ja ainesosaluettelon sisällöstä voidaan antaa tarkempia säännöksiä maa- ja metsätalousministeriön asetuksella.

Lähdeviitteitä

ECHA 2021. Rekisteröintiohjeet Versio 4.0 – elokuu 2021.

https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/registration_fi.pdf/84167187-6425-4c43-9170-742c9a28db66?t=1643703848653

Euroopan komissio 2019. Vaaralliset aineet.

https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/dangerous_goods_fi (1.3.2019)

Fagnäs, L., Kuoppala, E., Arpiainen, V., Tiilikkala, K., Lindqvist, I., Lindqvist, B., Järvinen, O., Hagner, M., Setälä, H. & Bergroth, K. 2012a. Hidaspyrolyysin liiketoimintojen kehittäminen Suomessa. Development of slow pyrolysis business operations in Finland. Espoo 2012. VTT Technology 59. 69 s.

Fagnäs, L., Kuoppala, E., Tiilikkala, K., Oasmaa, A. 2012b. Chemical Composition of birch wood slow pyrolysis products. Energy Fuels 26, 1275-1283.

Hagner, M. 2013. Potential of the slow pyrolysis products birch tar oil, wood vinegar and biochar in sustainable plant protection - pesticidal effects, soil improvement and environmental risks. ISBN 978-952-10-9169-8 (PDF) Unigrafia, Helsinki 2013.

Hagner, M. 2024. Suullinen tiedonanto (julkaisemattomia laboratoriotuloksia).

Hagner, M., Sarvi, M., Rasa, K., Keskinen, R. 2019. Kasvipäriset pyrolyysituotteet lietalannan ravinnearvon turvaajina (PYSTI) – lainsäädäntöselvitys. Luonnonvarakeskus 2019. 19 s.

Hagner, M., Tiilikkala, K., Lindqvist, I., Niemelä, K., Wikberg, H., Källi, A., Rasa, K. 2018. Performance of liquids from slow pyrolysis and hydrothermal carbonization in plant protection. Waste and Biomass Valorization Vol.13 <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00545-1>

Hagner, M., Ruuttunen, P. & Hyvönen, T. 2024. Impact of dose and adjuvant on herbicidal efficacy of birch-based pyrolysis liquid. Weed Research, Vol. 64, Issue1, Pages 65-75. <https://doi.org/10.1111/wre.12607>

Joseph, S. & Taylor, P. 2024. A farmer's guide to the production, use and application of biochar. ANZ Biochar Industry Group (ANZBIG). 202 s. ISBN: 978-0-6453908-0-3. https://anzbig.org/wp-content/uploads/2024/03/Farmers-Guide_-DRAFT-FOR-COMMENT_-Current-Website-file-1.pdf

Keith, LH. 2015. The Source of U.S. EPA's Sixteen PAH Priority Pollutants. Polycyclic Aromatic Compounds 35, 147-160.

Keskinen, R., Hyväluoma, J., Wikberg, H., Källi, A., Salo, T., Rasa, K. 2018. Possibilities of Using Liquids from Slow Pyrolysis and Hydrothermal Carbonization in Acidification of Animal Slurry. Waste and Biomass Valorization 9, 1429–1433.

Meyer, S., Genesio, L., Vogel, I., Schmidt, H-P., Soja, G., Someus, E., Shackley, S., Verheijen, F.G.A., Glaser, B. 2017. Biochar standardization and legislation harmonization. Journal of Environmental Engineering and Landscape management 25, 175-191.

Peltonen, S., Hagner, M., Rätty, M., Keskinen, R. 2020. Lietteiden happokäsittely vähentää ammoniakkipäästöjä. Käytännön maamies 11/2020, 50-53.

Ruokavirasto 2024. Ruokaviraston Olli Venelammen vastaus sähköpostiin 12.8.2024.

TUKES 2024. Kemikaalineuvonnan vastaus sähköpostiin 13.3.2024.

Zhu, Kunmiao, Sicheng Gu, Jiahuan Liu, Tao Luo, Zaid Khan, Kangkang Zhang & Liyong Hu. 2021. Wood Vinegar as a Complex Growth Regulator Promotes the Growth, Yield, and Quality of Rapeseed. Agronomy 11, no. 3: 510. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030510>

Lait ja asetukset

EU:n lannoitevalmisteasetus (EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2019/1009, annettu 5 päivänä kesäkuuta 2019, EU-lannoitevalmisteiden asettamista saataville markkinoilla koskevien sääntöjen vahvistamisesta ja asetusten (EY) N:o 1069/2009 ja (EY) N:o 1107/2009 muuttamisesta sekä asetuksen (EY) N:o 2003/2003 kumoamisesta). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R1009-20220716>

CLP-asetus. Aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta (CLP) annettu asetus (EY) N:o 1272/2008. EUR Lex. Lainsäädäntö. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32008R1272>

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (VAK-laki) 2.8.1994/719. Finlex. Lainsäädäntö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719>

Lannoitevalmistelaki 539/2006. 2006. Finlex. Lainsäädäntö. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Asetus nro 24/11. Finlex. Lainsäädäntö. <http://www.finlex.fi/data/normit/37638-11024fi.pdf>

Neuvoston direktiivi 91/676/ETY vesien suojelemiseksi maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta. EUR Lex. Lainsäädäntö. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0676:FI:HTML>

Päästökattodirektiivi. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/81/EY, annettu 23 päivänä lokakuuta 2001, tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisista päästörajoista. EUR Lex. Lainsäädäntö. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32001L0081>

REACH-asetus. EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1907/2006, annettu 18 päivänä joulukuuta 2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH). EUR Lex. Lainsäädäntö. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2006:396:FULL&from=FI>

